



IPW

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE
SUBMISSION OF CERTIFIED COPY OF PRIORITY DOCUMENT

APPLICANT: Eghart FISCHER CONFIRMATION NO.: 7341
SERIAL NO.: 10/809,751 GROUP ART UNIT: 2644
FILED: March 25, 2004
TITLE: "METHOD AND APPARATUS FOR SUPPRESSING AN
ACOUSTIC INTERFERENCE SIGNAL IN AN INCOMING
AUDIO SIGNAL"

Commissioner for Patents
P. O. Box 1450
Alexandria, Virginia 22313-1450

S I R:

Applicant herewith submits a certified copy of German Application 103 13
330.5, filed in the German Patent and Trademark Office on March 25, 2003, on
which Applicant basis his claim for convention priority under 35 U.S.C. §119.

Submitted by,

Steven H. Noll (Reg. 28,982)

SCHIFF, HARDIN LLP
CUSTOMER NO. 26574

Patent Department
6600 Sears Tower
233 South Wacker Drive
Chicago, Illinois 60606
Telephone: 312/258-5790
Attorneys for Applicant.

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United
States Postal Service as First Class mail in an envelope addressed to:
Commissioner for Patents, P. O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on July 26,
2004.

Steven H. Noll
STEVEN H. NOLL

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

BEST AVAILABLE COPY



10,809,757

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

BEST AVAILABLE COPY

Aktenzeichen: 103 13 330.5
Anmeldetag: 25. März 2003
Anmelder/Inhaber: Siemens Audiologische Technik GmbH,
91058 Erlangen/DE
Bezeichnung: Verfahren zur Unterdrückung mindestens eines
akustischen Störsignals und Vorrichtung zur
Durchführung des Verfahrens
IPC: H 04 R 5/04

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. März 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Beschreibung

Verfahren zur Unterdrückung mindestens eines akustischen Störsignals und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Unterdrückung mindestens eines akustischen Störsignals mit einem Richtmikrofonsystem, das mindestens zwei Mikrofone aufweist, sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

10

Der Abgleich von Mikrofonen eines Richtmikrofonsystems ist von entscheidender Bedeutung für die Unterdrückung von Störsignalen.

15 Beim statischen Abgleich werden die Mikrofone eines Richtmikrofonsystems im Freifeld statisch aufeinander angepasst. Dieser Abgleich wird meist mithilfe einer Messeinrichtung vorgenommen, die es erlaubt, Amplituden- und Phasenabgleich der einzelnen meist omnidirektionalen Mikrofone durchzuführen.

20 Der statische Abgleich ermöglicht es, ein diffuses Störschallfeld aus dem Richtmikrofonsignal zu eliminieren. Allerdings wird ein im Freifeld durchgeführter Abgleich beim betreiben eines Richtmikrofonsystems, das beispielsweise in einem Hörhilfsgerät verwendet wird, durch den Einfluss des Kopfes auf die Schallausbreitung teilweise wieder zunichte gemacht.

Zusätzlich oder alternativ werden adaptive Amplituden- und Phasenabgleichsalgorithmen vorgeschlagen und verwendet, die
30 den Abgleich kontinuierlich während des getragenen Zustands des Hörhilfsgeräts durchführen und so den Einfluss des Kopfes auf den Empfang von akustischen Signale berücksichtigen. Die Parameter dieser Algorithmen sind im wesentlichen zwei Faktoren, ein Amplitudenfaktor und ein Phasenversatz zwischen den
35 beiden Mikrofonsignalen. Solche Faktoren werden auch frequenzbandspezifisch verwendet. Die Algorithmen erreichen im

Mittel, d.h. für diffusen Störschall, einen möglichst guten Abgleich.

Aus DE 199 27 278 C1 ist ein Verfahren zum Anpassen eines Hörhilfegeräts sowie ein Hörhilfegerät bekannt. Dabei wird ein Hörhilfegerät mit mehreren Mikrofonen, die zum Erzeugen einer Richtcharakteristik miteinander verschaltet sind, während des Tragens in einem geeigneten Messraum beschallt und die Richtcharakteristik aufgenommen. Sich daraus ergebende Filterparameter sind den Mikrofonen nachgeschalteten parametrierbaren Filtern zuführbar und es ist damit die gewünschte ideale Richtcharakteristik unter Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten beim Tragen des Hörhilfegeräts approximierbar. Das Verfahren ermöglicht es, Filterparameter zur Amplituden- und/oder Phasenganganpassung der von den Mikrofonen aufgenommenen Signale zu erzeugen, um die Richtcharakteristik der Mikrofone zu optimieren.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen richtungsabhängig der Einfluss eines akustischen Störsignals auf den Empfang eines Richtmikrofonsystems unterdrückt werden kann.

Die erstgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren zur Unterdrückung mindestens eines Störsignals mit einem Richtmikrofonsystem, das mindestens zwei Mikrofone aufweist, wobei erstens eine Mehrzahl von Richtmikrofonsignalen durch gewichtetes Kombinieren von Signalen der mindestens zwei Mikrofone erzeugt wird, wobei die Gewichtung jeweils eine richtungsabhängige Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems bestimmt, wobei zweitens die Richtmikrofonsignale auf eine gleiche Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems in einem Richtbereich normiert werden und drittens das Richtmikrofonsignal mit dem geringsten Störsignalanteil als Ausgangsrichtmikrofonsignal ausgewählt wird. Beim gewichteten Kombinieren kann dabei z.B. eine Verzögerung mithilfe eines Pha-

senfaktors und eine Amplitudenänderung durch einen Amplitudenfaktor erzielt werden.

Bei dem Verfahren werden mehrere Richtmikrofonsignale erzeugt, die aufgrund ihrer unterschiedlichen richtungsabhängigen Empfindlichkeiten verschieden stark vom Störsignal beeinflusst werden.

Befindet sich das Störsignal in einer Richtung in der die Empfindlichkeit des durch die Gewichtung gegebenen Richtmikrofonsignals groß ist, so wird das Richtmikrofonsignal einen großen Störsignalanteil beinhalten. Befindet sich das Störsignal dagegen in einer Richtung, in der die Empfindlichkeit des durch die Gewichtung bestimmten Richtmikrofonsignals klein ist, so wird der Störsignalanteil im Richtmikrofonsignal klein sein.

Voraussetzung für einen möglichen Vergleich der Richtmikrofonsignale ist die gleiche Empfindlichkeit aller Richtmikrofonsignale in einem Richtbereich. Dieser Richtbereich ist bei einem Richtmikrofonsystem, das beispielsweise in einem Hörhilfsgerät verwendet wird, vorzugsweise die Vorausrichtung, die üblicherweise mit 0° bezeichnet wird. Da beispielsweise zwei Mikrofone einen relativ breiten Richtkegel 1. Ordnung erzeugen, ist es vorteilhaft, die Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems je nach technischer Gegebenheiten in einem schmalen oder breiten Bereich z.B. in Vorwärtsrichtung zu mitteln. Im einfachsten Fall wird nur das Signal in 0° -Richtung genommen. Die erzeugten Richtmikrofonsignale werden in diesem Richtbereich auf eine gleiche Empfindlichkeit normiert.

Das Richtmikrofonsignal mit dem geringsten Störsignalanteil wird als Ausgangsrichtmikrofonsignal des Richtmikrofonsystems ausgewählt. Dabei wird der Beitrag des Störsignals zum Richtmikrofonsignal aufgrund der normierten Empfindlichkeit im Richtbereich beispielsweise durch die Signalenergie charakte-

risiert. Eine niedrige Signalenergie bedeutet, dass die Empfindlichkeit des Richtmikrofonsignals auf das Störsignal niedrig ist, so dass auch ein niedriger Störsignalanteil im Richtmikrofonsignal vorliegt. Alternativ könnte man den Störsignalanteil beispielsweise durch einen Signalpegel, eine vom Signal erzeugte Spannung, durch den Betrag des Signals oder auch durch ein Signal zu Rauschverhältnis der Richtmikrofonsignale bestimmen.

10 Ein weiterer Vorteil des Verfahrens liegt in der richtungsabhängigen Unterdrückung eines Störsignals, da das Verfahren es ermöglicht, gezielt Störsignale, die aus der Richtung mit einer minimalen Empfindlichkeit empfangen werden, aus dem Richtmikrofonsignal herauszufiltern.

15 Die Möglichkeit über gewichtetes Kombinieren der Signale der Mikrofone des Richtmikrofonsystems die Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems zu bestimmen, ist grundlegend für das Verfahren.

20 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird die Gewichtung derart bestimmt, dass sie die Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems für eine in Bezug zum Richtmikrofonsystem in einer Richtung liegenden Störsignalquelle minimiert. Je genauer das Minimum der Empfindlichkeit in eine Richtung gelegt werden kann, desto genauer können Störsignale von lokalisierten Störsignalquellen unterdrückt werden.

30 In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird die Gewichtung derart bestimmt, dass sie einen Effekt des akustischen Umfelds berücksichtigt, der aufgrund der Benutzung des Richtmikrofonsystems auftritt. Beispielsweise wird die Gewichtung bei einem Richtmikrofonsystem, das in einem Hörhilfsgerät verwendet wird, im getragenen Zustand bestimmt, d.h. das Richtmikrofonsystem ist bei der Bestimmung

35

der Gewichtung an einem Kopf oder an einer Kopffimitation in einer der Benutzung entsprechenden Konstellation angeordnet.

5 Zur Bestimmung einer Gewichtung wird beispielsweise eine Signalquelle, die sich in einer Richtung zum Richtmikrofonsystem befindet, durch Variation der Gewichtung der Mikrofonssignale aus dem Richtmikrofonsignal bestmöglichst entfernt. Die auf diese Art und Weise bestimmten Gewichtungen haben den Vorteil, dass sie unter kontrollierten Bedingungen und in einem
10 feinen Raster jeweils optimiert auf eine Einfallsrichtung der Signalquelle erzeugt werden.

15 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens weist die Gewichtung einen Amplituden- und/oder einen Phasenfaktor insbesondere zur Korrektur der Amplitude bzw. Phase eines der Mikrofonssignale auf. Die Gewichtung, beispielsweise in Form des Amplituden- und/oder Phasenfaktors, kann abgespeichert werden, wobei die Abspeicherung beispielsweise als frequenz- und richtungsabhängiges Kennfeld erfolgt.
20 Zur Erzeugung der Richtmikrofonsignale können die verschiedenen Gewichtungen selektiv aus dem Speicher gelesen werden.

In einer besonders schnellen Ausführungsform des Verfahrens werden die verschiedenen Richtmikrofonsignale im wesentlichen gleichzeitig erzeugt.

30 In einer anderen Ausführungsform ändert die Gewichtung bei der Erzeugung der Mehrzahl von Richtmikrofonsignalen ihren Wert, um nacheinander Richtmikrofonsignale mit unterschiedlichen richtungsabhängigen Empfindlichkeiten zu erzeugen. Dies hat den Vorteil, dass die simultane Berechnung vieler Richtmikrofonsignale entfällt.

35 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform des Verfahrens wird der Frequenzbereich der Mikrofonssignale in Frequenzbänder unterteilt, in denen jeweils das Verfahren nach der Erfindung durchgeführt wird. Dabei ergeben sich für jedes

Frequenzband frequenzbandspezifische Ausgangsrichtmikrofonsignale, die zusammen ein Ausgangsrichtmikrofonsignal des Richtmikrofonsystems für den gesamten Frequenzbereich bilden.

- 5 Die zweitgenannte Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Vorrichtung zum Durchführen eines solchen Verfahrens mit einem Richtmikrofonsystem, welches mindestens zwei Mikrofone aufweist.
- 10 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform der Vorrichtung sind die beiden Mikrofone jeweils mit einer frequenzselektierenden Filterbank verbunden, an deren Ausgängen Frequenzbandsignalanteile der Mikrofonsignale anliegen, wobei die Ausgänge der Filterbänke mit jeweils gleichen Frequenz-
- 15 bändern paarweise mit jeweils einer Einheit verbunden sind, welche die Frequenzbandsignalanteile mit einer Gewichtung kombiniert, wobei die Gewichtung mittels eine die Amplitude des entsprechenden Frequenzbandsignalanteils verändernden Amplitudeneinheit und/oder eine die Phase des entsprechenden
- 20 Frequenzbandsignalanteils drehenden Phaseneinheit erfolgt, wobei die Amplitudeneinheit und die Phaseneinheit entweder gemeinsam auf eines oder einzeln auf jeweils eines der Frequenzbandsignalanteile wirken, wobei mehrere Kombinationseinheiten mit einer Vergleichseinheit verbunden sind, welche die
- 25 Richtmikrofonsignale auf eine möglichst gleiche Empfindlichkeit in einem Richtbereich normiert und die normierten Richtmikrofonsignale bezüglich ihres Störsignalanteils vergleicht und wobei am Ausgang der Vergleichseinheit das Richtmikrofonsignal mit dem niedrigsten Störsignalanteil als Ausgangs-
- 30 richtmikrofonsignal vorliegt.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind durch die Merkmale der Unteransprüche gekennzeichnet.

- 35 Es folgt die Erläuterung von mehreren Ausführungsbeispielen der Erfindung anhand der Figuren 1 bis 6. Es zeigen

FIG 1 ein typisches Beispiel für den Einsatz eines Richtmikrofonsystems bei der Unterdrückung von akustischen Störsignalen,

5 FIG 2 das Vorgehen beim Abgleichen zweier Mikrofon-
signale,

10 FIG 3 eine Empfindlichkeitsverteilung für ein im Frei-
feld abgeglichenes Richtmikrofonsystem sowie eine
Empfindlichkeitsverteilung unter Berücksichtigung
des Kopfeinflusses,

15 FIG 4 eine schematische Verdeutlichung des Verfahrens
zur Unterdrückung mindestens eines akustischen
Störsignals,

FIG 5 eine kombinierte Darstellung von Amplituden- und
Phasenfaktoren im 400 Hz-Frequenzband für 5° Win-
kelschritte und

20 FIG 6 eine richtungsabhängige Kennlinie für einen Ampli-
tudenfaktor.

25 Figur 1 zeigt ein typisches Beispiel für den Einsatz eines
Richtmikrofonsystems RM1, RM2 bei der Unterdrückung von akus-
tischen Störsignalen. Dabei befinden sich eines oder mehrere
Richtmikrofonsysteme RM1, RM2 in einem Hörhilfsgerät, welches
von der Person 1 als Hörhilfe genutzt wird. Person 1 unter-
hält sich mit einer Person S2, die sich im Richtbereich des
30 Richtmikrofonsystems RM1, RM2 befindet. Der Richtbereich liegt
in Vorwärtsrichtung, d.h. in Richtung der mit 0° bezeichneten
Achse. Die Abweichung der Position der Person S2 von der 0°-
Achse um den Winkel α_2 liegt beispielsweise innerhalb eines
konusförmig ausgebildeten Richtbereichs des Richtmikrofonsys-
35 tems RM1.

Zusätzlich zur Person S2 befinden sich zwei weitere Personen S3,S4 in der Nähe der Person 1. Die Personen S3,S4 unterhalten sich miteinander, d.h. sie stellen Störsignalquellen dar, die sich in einem Winkel von α_3 bzw. α_4 zur 0° -Achse befinden und deren akustische Signale AS3,AS4 vom Richtmikrofonsystem RM1 nicht empfangen werden sollen.

Das Richtmikrofonsystem RM1 besteht aus zwei Mikrofonen M1,M2; das Richtmikrofonsystem RM2 besteht aus drei Mikrofonen M3,M4,M5. Die Hörhilfsgeräte, in denen die Richtmikrofonsysteme RM1,RM2 enthalten sind, können hinter dem Ohr oder im Ohr getragene Hörhilfsgeräte sein. Alternativ können durch Verschaltung der Mikrofone M1,M2 der einen Seite mit einem oder mehreren Mikrofonen M3,M4,M5 der anderen Seite weitere Richtmikrofonsysteme erzeugt werden.

Zur Bildung eines Richtmikrofonsignals werden die Signale von mindestens zwei Mikrofonen M1,...M5 gegebenenfalls verzögert und miteinander gewichtet kombiniert. Je nach Gewichtung weist das Richtmikrofonsystem eine andere richtungsabhängige Empfindlichkeit auf.

Eine solche Empfindlichkeitsverteilung wird als Richtcharakteristik des Richtmikrofonsystems bezeichnet. Sie kann z.B. folgendermaßen gemessen werden. Man setzt das Richtmikrofonsystem einem akustischen Signal mit konstanter Amplitude aus, wobei die Quelle des akustischen Signals, um das Richtmikrofonsystem bewegt werden kann. Für verschiedene Richtungen Die empfangene Signalenergie wird, d.h. für verschiedene Positionen der Signalquelle, wird die Signalenergie aufgenommen. Sie variiert bei gleicher Gewichtung aufgrund der richtungsabhängigen Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems.

Mithilfe eines ähnlichen Vorgehens kann man eine Gewichtung für eine bestimmte Empfindlichkeit auf eine in einer Richtung liegenden Signalquelle bestimmen. Dabei variiert man nicht die Richtung, in der die Signalquelle liegt, sondern man va-

riert stattdessen die Gewichtung. Die Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems wird dabei z.B. derart eingestellt, dass das Signal, das aus einer konstanten Richtung auf das Richtmikrofonsystem fällt, beispielsweise minimal empfangen oder
5 sogar ganz eliminiert wird. Wiederholt man dies für mehrere Richtungen, d.h., rotiert man die Position der Signalquelle in beispielsweise 5°-Winkelschritten einmal um das Richtmikrofonsystem, erzeugt man sich einen Satz von Gewichtungen, die jeweils ein aus der entsprechenden Richtung auftreffende
10 Signal minimieren.

Im Freifeld gemessene Richtcharakteristiken, die zwei Mikrofone aufweisen, sind symmetrisch zu einer Achse, die durch die Verbindungslinie der beiden Mikrofone gegeben ist. Allerdings werden Richtmikrofonsysteme jeweils in einem speziellen
15 akustischen Umfeld eingesetzt, z.B. werden sie am Kopf (Figur 1) oder am Körper getragen. Das akustische Umfeld beeinflusst die Schallausbreitung und entsprechend die Richtcharakteristiken. Deswegen ist es vorteilhaft, die gewichtete Kombination zur Erzeugung der im Verfahren verwendeten Richtcharakteristiken im jeweils vorliegenden akustischen Umfeld durchzuführen, so dass die Gewichtungen den Effekt des akustischen Umfelds auf die akustischen Signale berücksichtigen.
20

Für den Fall eines in einem Hörhilfsgerät eingebauten Richtmikrofonsystems besteht neben der Möglichkeit, die Mikrofone nicht am Kopf des jeweiligen Hörhilfsgeräteträgers abzugleichen, d.h. sie gewichtet zu kombinieren, auch die Möglichkeit den Abgleich mithilfe einer Kopfimitation, die beispielsweise
25 einen Durchschnittskopf wiedergibt, durchzuführen.
30

Der Einfluss des Kopfes auf die Ausbreitung von Schallwellen, die mit einem am Kopf getragenen Mikrophon empfangen werden sollen, wird durch die sogenannten kopfbezogenen Übertragungsfunktionen (Head related transfer function HRTF) be-
35 stimmt. Solche HRTFs können beispielsweise nach der vorhergehend beschriebenen Vorgehensweise bestimmt werden. Aus ihnen

lassen sich Gewichtungen berechnen, die ebenfalls zu Richtmikrofonsignalen mit richtungsabhängigen Empfindlichkeiten führen.

- 5 In Figur 2 ist schematisch die gewichtete Kombination von zwei Mikrofonsignalen MS1, MS2 der Mikrofone M1, M2 dargestellt. Die Signale MS1, MS2 unterscheiden sich in ihrer Amplitude und in ihrer Phase. Ziel eines Abgleichs der beiden Mikrofone ist zum einen die Angleichung der Amplituden der
10 Signale MS1, MS2 und zum anderen das Einstellen einer festen Phasenbeziehung. Ersteres wird beispielsweise durch Verstärkung mit einem festen Amplitudenfaktor K_A in einer Verstärkereinheit A erreicht. Letzteres wird z.B. mithilfe eines Phasendrehers PH erzielt, welcher die relative Phase, die in
15 Figur 2 0° betragen soll, um den Phasenwinkel K_{PH} dreht.

- Die Amplituden- und Phasenkorrektur kann auf ein Mikrofonsignal wirken. Dies ist in Figur 2 der Fall: Beide Korrekturfaktoren wirken auf das Mikrofonsignal MS1 und erzeugen ein korrigiertes Mikrofonsignal MS1'. Dies hat den offensichtlichen
20 Vorteil eines einfachen Aufbaus, in dem nur ein Signal bearbeitet wird. Alternativ können die Korrekturen jeweils auf eines der Mikrofonsignale wirken.

- 25 Ein solcher Signalabgleich wird vorzugsweise in einem Frequenzband durchgeführt. Dazu wird der Frequenzbereich der Mikrofonsignale beispielsweise mithilfe einer Filterbank in mehrere Frequenzbänder unterteilt. Die Amplituden- und Phasenfaktoren K_A, K_{PH} bestimmen nun ihrerseits die richtungsabhängige Empfindlichkeit des jeweils erzeugten Richtmikrofon-
30 systems, indem sie beispielsweise die Empfindlichkeit in einer Richtung im entsprechenden Frequenzband minimieren. Eine eindeutige Zuordnung eines Minimums zu einer Richtung ist nur im Fall einer asymmetrischen Empfindlichkeitsverteilung möglich, wie sie z.B. durch den Einfluss des Kopfes entsteht.
35 Für das Freifeld dagegen können nur symmetrische Empfindlich-

keitsverteilungen erzeugt werden, welche die Symmetrie des Freifelds und der Mikrofonanordnung widerspiegeln.

Für das Verfahren werden die frequenz- und/oder richtungsabhängige Gewichtungen in Form von frequenz- und/oder richtungsabhängigen Kennlinien oder Funktionen oder als Datenpaare im Richtmikrofonsystem abgespeichert.

In Figur 3 werden zwei gemessen Richtcharakteristiken dargestellt. Dazu ist die Empfindlichkeit, die im Wesentlichen proportional zur Signalenergie ist, radial über alle Winkel von 0 bis 360° in 5°-Schritten aufgetragen.

Zum einen ist eine Richtcharakteristik F im Freifeld für eine akustisches Signal bei 500 Hz dargestellt. Man erkennt deutlich ihren symmetrischen Verlauf um die durch die Verbindungslinie der Richtmikrofone gegebene Symmetrieachse SA. Aufgrund der Symmetrie weist die Richtcharakteristik zwei Minima in Richtung 120° und 240° auf.

Zusätzlich ist eine Richtcharakteristik K in Figur 3 eingezeichnet, die den Einfluss eines angedeuteten Kopfes 1' auf die richtungsabhängige Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems berücksichtigt. Deutlich erkennt man das deutlich ausgeprägte Minimum bei 240°. Das Minimum auf der Seite des Kopfes 1' ist im Vergleich zum Freifeld schwächer ausgeprägt. Ein Richtmikrofonsystem, das aufgrund seiner Gewichtung die Richtcharakteristik K aufweist, wird ein Störsignal aus dem Bereich 240° wesentlich abgeschwächt empfangen.

Figur 4 stellt schematisiert einen möglichen Aufbau einer Vorrichtung zum Durchführen des Verfahrens vor. Die Mikrofone M1, M2 sind jeweils mit einer Filterbank FB1 bzw. FB2 verbunden. An den Ausgängen der Filterbänke FB1, FB2 liegt jeweils ein Frequenzband $\Delta F, \Delta F'$ der Mikrofonsignale MS1, MS2 an. Ausgänge mit einem übereinstimmenden Frequenzband $\Delta F, \Delta F'$ sind paarweise mit einer Serie von gewichtet kombinierenden Ein-

heiten G_1, G_2, G_3, G_4 verbunden. Das heißt, zur gewichteten Kombination stehen zum einen das auf das Frequenzband ΔF beschränkte Mikrofonsignal MS_1 und zum anderen das auf das gleiche Frequenzband ΔF beschränkte Mikrofonsignal MS_2 zur Verfügung.

In den gewichtet kombinierenden Einheiten G_1, G_2, G_3, G_4 wird jeweils das Mikrofonsignal MS_1 mithilfe eines Amplitudenfaktors $K_{A1}, K_{A2}, K_{A3}, K_{A4}$ und eines Phasenfaktors $K_{PH1}, K_{PH2}, K_{PH3}, K_{PH4}$ mit dem Signal des Mikrofons M_2 abgeglichen. Die Erzeugung der Richtmikrofonsignale RMS_1, RMS_2 erfolgt durch beispielsweise die Bildung der Differenz des korrigierten Mikrofonsignals MS_1 und des Mikrofonsignals MS_2 in den Kombinationseinheiten K_1, K_2, K_3, K_4 . Zur Verdeutlichung sind in die Kombinationseinheiten K_1, K_2, K_3, K_4 die entsprechenden Richtcharakteristiken K' schematisch eingezeichnet. Zusätzlich ist die Richtung angegeben, in der das Minimum der Richtcharakteristik liegt, beispielsweise für K' liegt das Minimum bei 120° .

Die gewichtete Kombinierung kann für alle Gewichtungen nahezu gleichzeitig oder nacheinander erfolgen. Im ersten Fall müssen alle Gewichtungen gleichzeitig zur Verfügung gestellt werden, indem sie z.B. festeingestellt im Richtmikrofon implementiert sind. Im zweiten Fall werden die Richtmikrofonsignale nacheinander erzeugt. Dabei werden die Gewichtungen z.B. aus einem gemeinsamen Speicher nach und nach ausgelesen, wobei z.B. das Minimum der Richtcharakteristiken einmal um 360° um das Richtmikrofonsystem rotiert.

Die Ausgänge der gewichtet kombinierenden Einheiten G_1, G_2, G_3, G_4 sind mit einer Vergleichseinheit V verbunden. Die Vergleichseinheit V vergleicht die Richtmikrofonsignale RMS_1, RMS_2 bezüglich des in ihnen enthaltenen Störsignalanteils. Dazu werden zuerst die jeweils mit den gewichtet kombinierenden Einheiten G_1, G_2, G_3, G_4 erzeugten Richtmikrofonsignale RMS_1, RMS_2 auf eine gleiche Empfindlichkeit in einem Richtbereich normiert. Beispielsweise wird die Empfindlich-

keit in 0° -Richtung aller Richtmikrofonsignale $RMS1, RMS2$ auf 1 gesetzt. Der Vergleich des Störsignalanteils kann beispielsweise anhand des Signalpegels, der Signalenergie oder des Rauschanteils im Signal erfolgen. Je besser die jeweilige statische Richtcharakteristik die auf die Mikrofone $M1, M2$ treffenden Störsignale auslöscht, desto niedriger ist die Signalenergie oder der Signalpegel. Am Ausgang der Vergleichseinheit V liegt dasjenige Ausgangsrichtmikrofonsignal $ARMS$ für das Frequenzband ΔF an, welches den niedrigsten Störsignalanteil aufweist.

Analog wird in allen anderen Frequenzbändern $\Delta F'$ verfahren. Dabei werden eigene Amplituden- und Phasenfaktoren zur gewichteten Kombination verwendet.

Die frequenzbandspezifischen Ausgangsrichtmikrofonsignale $ARMS1, ARMS2$ werden einer weiteren Kombinationseinheit 11 zugeführt, in der sie zu einem einzigen Ausgangsrichtmikrofonsignal $ARMS$ für das Richtmikrofonsystem, das durch die Mikrofone $M1, M2$ gebildet wird, vereint werden. Dieses Ausgangsrichtmikrofonsignal wird zur weiteren Signalverarbeitung einer Signalverarbeitungseinheit 13 zugeführt, welche beispielsweise eine Hörhilfsgerätsignalverarbeitung ist und in der ein weiterer Algorithmus zur Störsignalunterdrückung oder eine Verstärkung des Signals entsprechend dem Hörschaden des Trägers durchgeführt wird.

Das in Figur 4 verdeutlichte Verfahren basiert auf der Verarbeitung von Mikrofonsignalen in den einzelnen Frequenzbändern $\Delta F, \Delta F'$. Alternativ können die Mikrofonsignale $MS1, MS2$ mit Hilfe einer Fast-Fourier-Transformation (FFT) analysiert werden, und das Verfahren kann entsprechend auf die FFT-Koeffizienten angewandt werden.

Bei der oben erwähnten sukzessiven Erzeugung der Richtmikrofonsignale kann die Vergleichseinheit V schon während der Erzeugung Einfluss z.B. auf die Schrittweite im relevanten

Richtungsbereich nehmen und somit adaptiv in die Gewichtungen der Mehrzahl von Richtmikrofonsignalen $RMS1, RMS2$ eingreifen.

Figur 5 fasst beispielhafte Werte für die Amplituden- und Phasenfaktoren für ein Frequenzband zusammen. Aufgetragen ist in einer Richtung der Amplitudenfaktor A und in der anderen Richtung die Phasenverzögerung Φ der beiden Mikrofonsignale. Der Amplitudenfaktor A für 0° bzw. 360° beträgt beispielsweise ca. 0,5 dB. Die dazugehörige Phase Φ ist ca. $-1,2$. Jedes Sternchen entspricht einem Paar von Amplituden- und Phasenfaktoren A, Φ , die in 5° -Schritten angegeben sind. Deutlich erkennt man den asymmetrischen Verlauf der Faktorenverteilung aufgrund der Berücksichtigung des Kopfes auf die Schallausbreitung. Im Einsatz in einem Hörhilfsgerät werden beispielsweise die Amplituden- und Phasenfaktoren A, Φ verwendet, die zur Störsignalunterdrückung von Störsignalen im Bereich von 90° bis 270° benötigt werden.

In Figur 6 wird die Darstellung eines Amplitudenfaktors A' als Kennlinie $K_{A'}$ angegeben, die die Richtungsabhängigkeit eines Amplitudenfaktors A' approximiert. Man erkennt zum einen eine strukturierte Messkurve M des Amplitudenfaktors A' . Die Messkurve wurde z.B. nach dem oben beschriebenen Vorgehensweise zur Anpassung der richtungsabhängigen Empfindlichkeit aufgenommen und beschreibt die Amplitudenfaktoren, die in den Richtungen α von 0° bis 360° eine minimale Empfindlichkeit erzeugen. Die Kennlinie $K_{A'}$ reproduziert im Wesentlichen die Messkurve und ist im Richtmikrofonsystem abgespeichert. Alternativ könnte die Kennlinie $K_{A'}$ aus den HRTFs berechnet werden.

Eine besonders vorteilhafte Vorgehensweise zur Störsignalunterdrückung mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt beispielsweise folgendermaßen. Dabei werden frequenz- und winkelabhängigen Gewichtungen verwendet, die zusätzlich noch den Einfluss des Kopfes auf die Schallausbreitung berücksichtigen:

Für jede Störsignaleinfallsrichtung, beispielsweise im Bereich von 90° bis 270° , und in mehreren Frequenzbändern wird in einem genügend feinen Raster an einen Kopf oder einer
5 Kopffimitation eine optimale statische Empfindlichkeitsverteilung (Richtcharakteristik) ermittelt. Es werden demnach $f \cdot a$ (f Anzahl der Frequenzbänder, a Anzahl der Winkelschritte des Rasters) Gewichtungen für die Amplituden- und Phasengangskorrektur gemessen, die im statischen Fall die Störsignale aus
10 den verschiedenen Störsignaleinfallsrichtungen minimieren. Das heißt, die Gewichtungen ermöglichen eine optimale Unterdrückung einer im entsprechenden Frequenzband Δf und bei der entsprechenden Einfallsrichtung aktiven Störsignalquelle. Die
15 Werte der Gewichtungen (z.B. Amplitudenfaktor A , Phasenfaktor PH) werden beispielsweise im Richtmikrofonsystem abgespeichert oder in Form einer winkelabhängigen Kennlinienfunktion zur Verfügung gestellt:

$$A_{\Delta f} = A_{\Delta f}(\text{Winkel}) \text{ und } PH_{\Delta f} = PH_{\Delta f}(\text{Winkel}).$$

Sie stellen somit eine winkel- und frequenzabhängige Kompen-
20 sation des akustischen Umfelds beim Hörgerät des Kopfeffekts dar.

Weitere eventuell vorhandene adaptive Amplituden- oder Phasenabgleichsalgorithmen, wie sie im Stand der Technik beschrieben wurden, können weiterhin betrieben werden. Für sie
25 stellen die Gewichtungen, d.h. z.B. die statischen Amplituden- und Phasenausgleichsfaktoren, z.B. statische winkelabhängige Verschiebungen (Offsets) dar. Der Richtungsabgleich wird sich vorzugsweise an die angesprochenen adaptiven Amplituden- und Phasenabgleichsalgorithmen anschließen.
30

Eine Anpassung des Richtmikrofons zur Unterdrückung der Störsignale im Betrieb geschieht nun einfach durch die automatisierte Auswahl desjenigen Richtmikrofonsignals, welches den
35 kleinsten Pegel und damit die höchste Störsignaldämpfung aufweist. Voraussetzung dafür ist die vorhergehend besprochene

Normierung der Empfindlichkeiten der einzelnen Richtcharakteristiken bzw. der Richtmikrofonsysteme in die Richtrichtung.

Ein großer Vorteil dieser soeben beschriebenen Vorgehensweise ist, dass sichergestellt ist, dass eine Störsignalunterdrückende Anpassung des Richtmikrofonsystems mittels optimalen, zuvor statisch am Kopf optimierten Richtcharakteristiken erfolgt. Auf diese Weise passen die Gewichtungen immer optimal auch im getragenen Zustand auf die jeweils zu unterdrückende Störsignalquelle. Diese Vorgehensweise ist erheblich schneller als eine hinter dem Störschallfeld her hinkende Adaption mit Hilfe eines Algorithmus.

Werden mehrere Mikromikrofone M_1, \dots, M_5 zu einem Richtmikrofonsystem zusammengefasst, können auch Richtcharakteristiken höherer Ordnungen erzeugt werden, die in ihrer Struktur auf differenziertere Verteilungen von Störsignalquellen angepasst werden können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Unterdrückung mindestens eines akustischen Störsignals (AS3,AS4) mit einem Richtmikrofonsystem

5 (RMS,RM1,RM2), das mindestens zwei Mikrofone (M1,...M5) aufweist, mit folgenden Verfahrensmerkmalen:

- Erzeugen einer Mehrzahl von Richtmikrofonsignalen

10 (RMS1,RMS2) durch gewichtetes Kombinieren von Signale der mindestens zwei Mikrofone (M1,...M5), wobei die Gewichtung jeweils eine richtungsabhängige Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems (RMS,RM1,RM2), bestimmt,

15 - Normieren der Richtmikrofonsignale (RMS1,RMS2) auf eine gleiche Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems (RMS,RM1,RM2) in einem Richtbereich,

20 - Auswählen des Richtmikrofonsignals (RMS1,RMS2) mit dem geringsten Störsignalanteil als Ausgangsrichtmikrofonsignal (ARMS,ARMS1,ARMS2).

2. Verfahren nach Anspruch 1,

25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das Richtmikrofonsignal (RMS1,RMS2) mit dem geringsten Störsignalanteil durch das Richtmikrofonsignal (RMS1,RMS2) mit der niedrigsten Signalenergie gegeben ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,

30 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Gewichtung derart bestimmt wurde, dass sie die Empfindlichkeit des Richtmikrofonsystems (RMS,RM1,RM2) für eine in Bezug zum Richtmikrofonsystem (RMS,RM1,RM2) in einer Richtung liegenden Störsignalquelle (S3,S4) minimiert.

35 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Gewichtung derart bestimmt wurde, dass sie einen Effekt des

akustischen Umfelds berücksichtigt, der aufgrund der Benutzung des Richtmikrofonsystems (RMS, RM1, RM2) auftritt.

5. Verfahren nach Anspruch 4,

5 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Gewichtung durch eine Messung der Empfindlichkeit des an einem Kopf (1,1') oder an einer Kopfimitation angeordneten Richtmikrofonsystems (RMS, RM1, RM2) bestimmt wurde.

10 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Gewichtung einen Amplituden- und/oder einen Phasenfaktor (K_A, K_{PH}) insbesondere zur Korrektur der Amplitude bzw. Phase eines der Mikrofonsignale (S1, S2) aufweist.

15

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Gewichtung, insbesondere als frequenz- und/oder richtungsabhängige Kennlinie, abgespeichert ist.

20

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass bei der Erzeugung der Mehrzahl von Richtmikrofonsignalen (RMS1, RMS2) die benötigten Gewichtungen aus einem Speicher gelesen werden.

25

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Erzeugung der Richtmikrofonsignale (RMS1, RMS2) im Wesentlichen gleichzeitig erfolgt.

30

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Gewichtung bei der Erzeugung der Mehrzahl von Richtmikrofonsignalen (RMS1, RMS2) ihren Wert verändert, um nacheinander Richtmikrofonsignale (RMS, RMS2) mit unterschiedlichen richtungsabhängigen Empfindlichkeiten zu erzeugen.

35

11.Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass der
Frequenzbereich der Mikrofonsignale (S_1, S_2) in Frequenzbänder
5 ($\Delta F, \Delta F'$) unterteilt wird, in denen jeweils ein Verfahren
nach einem der Ansprüche 1 bis 10 durchgeführt wird.

12.Verfahren nach Anspruch 11,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass das
10 Ausgangsrichtmikrofonsignal (ARMS) aus einer Mehrzahl von
frequenzbandspezifischen Ausgangsrichtmikrofonsignalen
(ARMS1, ARMS2) aufgebaut wird, welche jeweils in einem Fre-
quenzband ($\Delta F, \Delta F'$) den geringsten Störsignalanteil einer
Mehrzahl von Richtmikrofonsignalen (RMS1, RMS2) aufweisen.

13.Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem
der Ansprüche 1 bis 12 mit einem Richtmikrofonsystem
(RMS, RM1, RM2), welches mindestens zwei Mikrofone (M_1, M_2) auf-
weist.

14.Vorrichtung nach Anspruch 13,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die
beiden Mikrofone (M_1, M_2) jeweils mit einer frequenzselektie-
renden Filterbank (FB1, FB2) verbunden sind, an deren Ausgän-
25 gen Frequenzband-Signalanteile der Mikrofonsignale anliegen,
wobei die Ausgänge der Filterbänke (FB1, FB2) mit jeweils
gleichen Frequenzbändern ($\Delta F, \Delta F'$) paarweise mit jeweils ei-
ner Einheit (G_1, \dots, G_4) verbunden sind, welche die Frequenz-
band-Signalanteile mit einer Gewichtung kombiniert, wobei die
30 Gewichtung mittels einer die Amplitude des entsprechenden
Frequenzband-Signalanteils verändernden Amplitudeneinheit
(K_{A1}, \dots, K_{A4}) und/oder einer die Phase des entsprechenden Fre-
quenzband-Signalanteils drehenden Phaseneinheit (K_{PH1}, \dots, K_{PH4})
erfolgt, wobei die Amplitudeneinheit (K_{A1}, \dots, K_{A4}) und die Pha-
35 seneinheit (K_{PH1}, \dots, K_{PH4}) entweder gemeinsam auf eines oder
einzeln auf jeweils eines der Frequenzband-Signalanteile wir-
ken, wobei mehrere Einheiten mit einer Vergleichsein-

heit(V,V') verbunden sind, welche die Richtmikrofonsignale (RMS1,RMS2) auf eine möglichst gleiche Empfindlichkeit in einem Richtbereich normiert und die normierten Richtmikrofonsignale (RMS1,RMS2) bezüglich ihres Störsignalanteils vergleicht und wobei am Ausgang der Vergleichseinheit (V,V') das Richtmikrofonsignal (RMS1,RMS2) mit dem niedrigsten Störsignalanteil als Ausgangsrichtmikrofonsignal (ARMS1,ARMS2) vorliegt.

- 10 15.Vorrichtung nach Anspruch 14,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die
Ausgänge von mehreren Vergleichseinheiten (V,V') mit einer
weiteren Kombinationseinheit (11) verbunden sind, in der ein
Ausgangsrichtmikrofonsignal (ARMS) für den von der Vorrich-
15 tung abgedeckten Frequenzbereich gebildet wird.

Zusammenfassung

Verfahren zur Unterdrückung mindestens eines akustischen Störsignals und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

5

Zur Unterdrückung mindestens eines Störsignals (AS3,AS4) mit einem Richtmikrofonsystem (RMS,RM1,RM2), das mindestens zwei Mikrofone (M1,...M5) aufweist, wird vorgeschlagen, aus einer Mehrzahl von Richtmikrofonsignalen (RMS1,RMS2), welche durch

10

gewichtete Kombination aus den Signalen der Mikrofone (S1,S2) erzeugt wurden, wobei die Gewichtung jeweils eine richtungs-

abhängige Empfindlichkeit bestimmt, dasjenige Richtmikrofonsignal (RMS1,RMS2) auszuwählen, das den geringsten Störsig-



nalanteil aufweist. Weist beispielsweise eine Empfindlich-

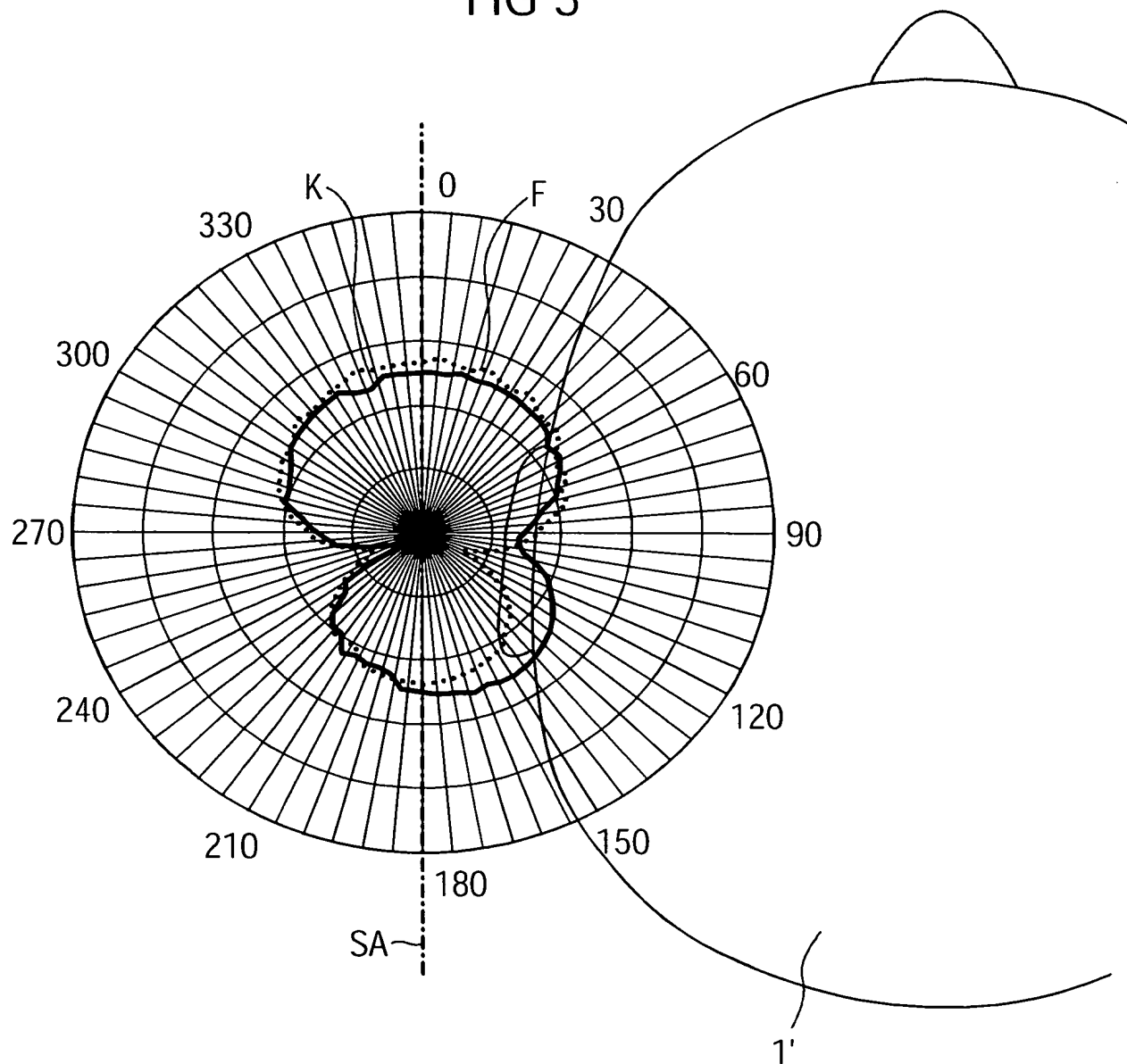
15

keitsverteilung (F,K) ein Minimum in Richtung der Störsignalquelle (S3,S4) auf, so wird eine niedrige Signalenergie detektiert, welche einen geringeren Störsignalanteil charakterisiert.

20 FIG 4



FIG 3



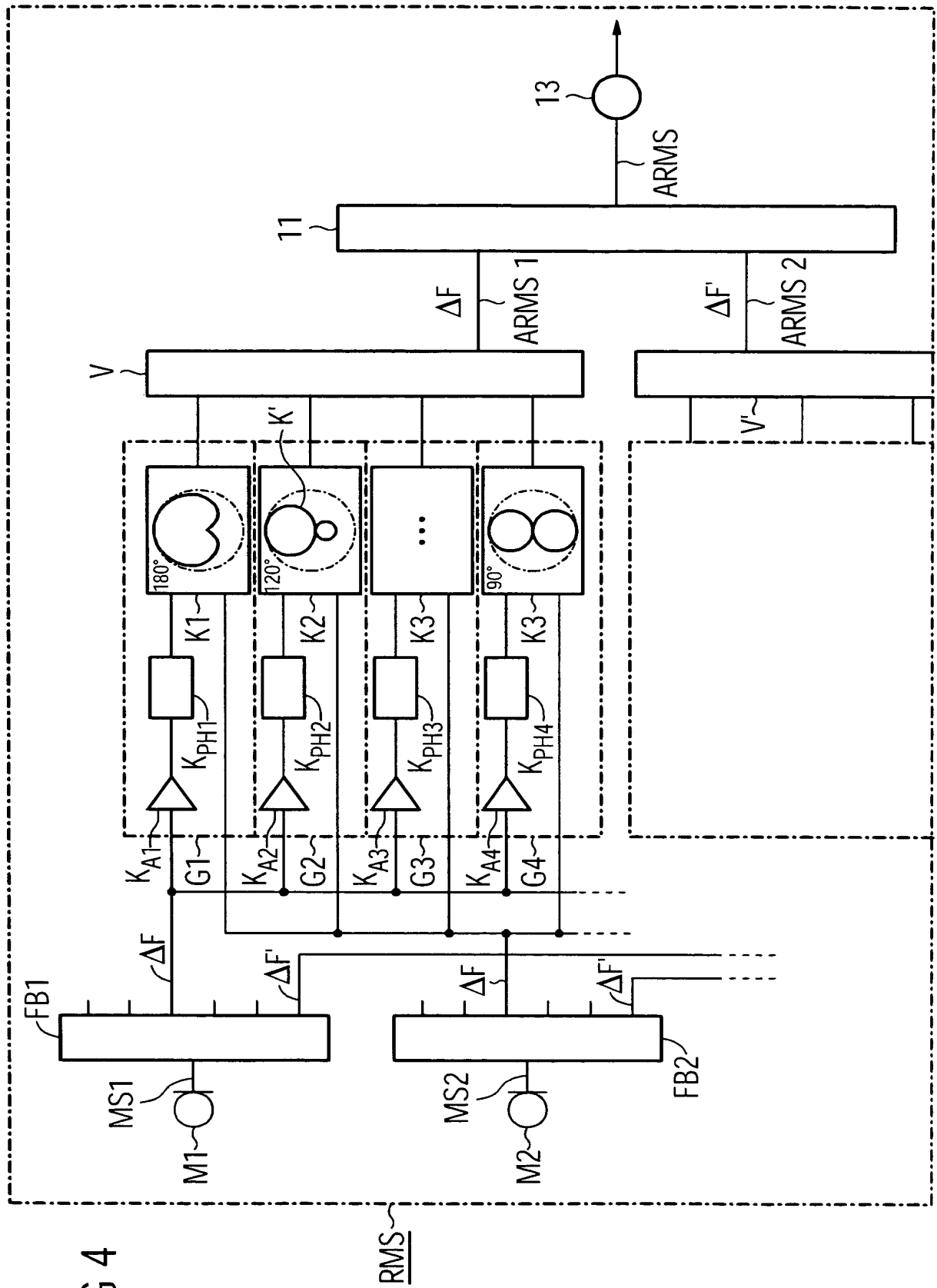


FIG 5

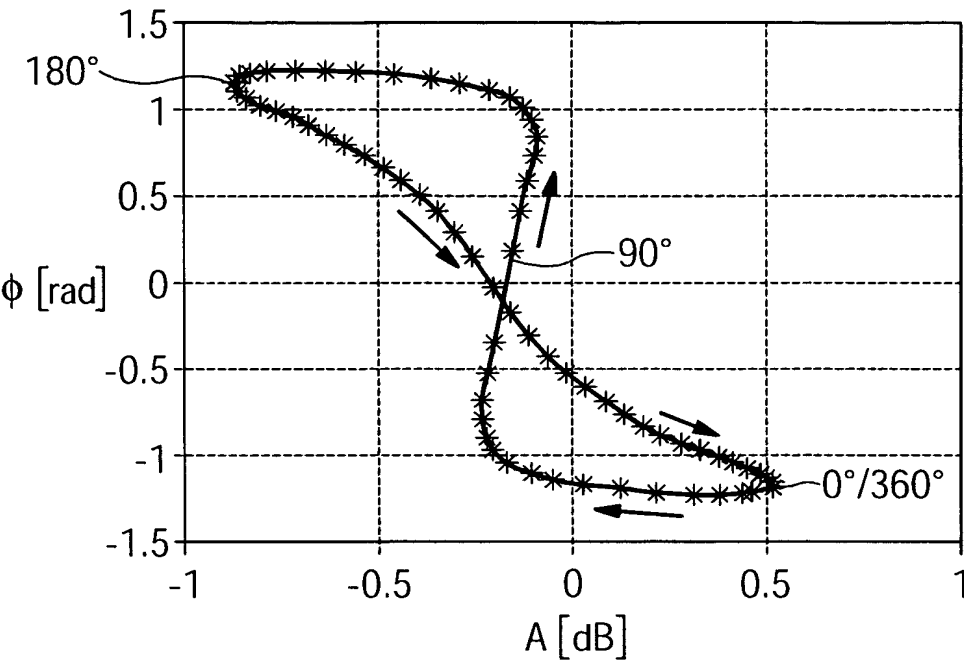
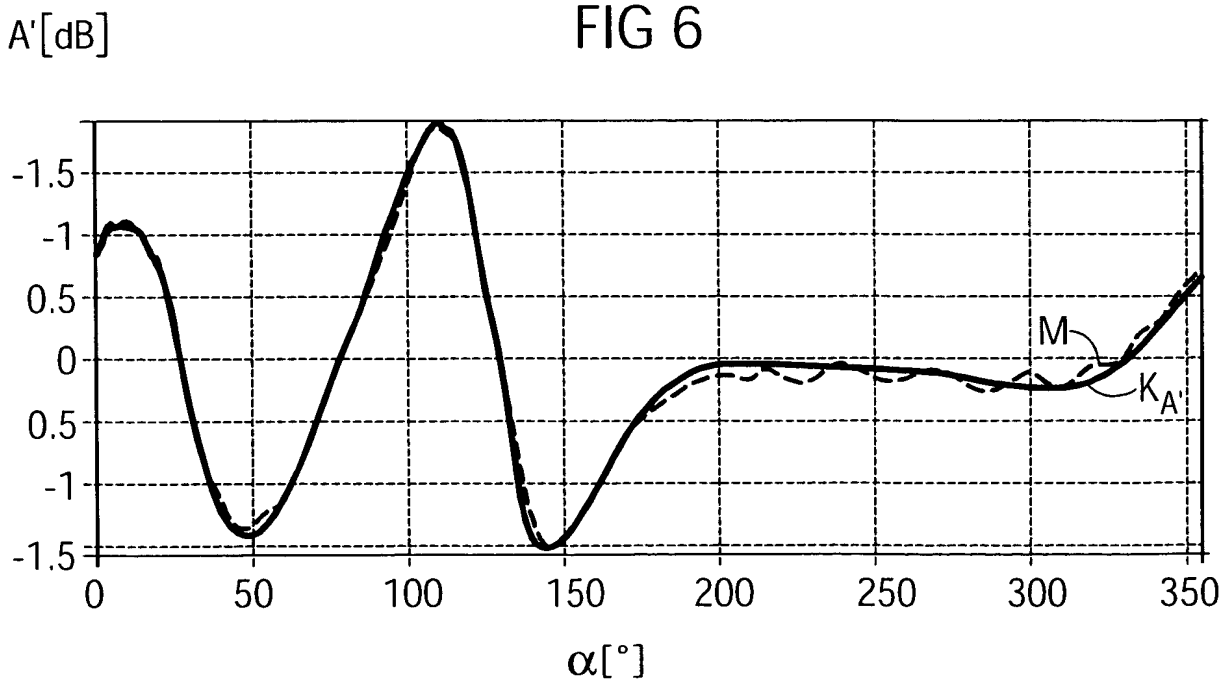


FIG 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.